

薄膜磁気ヘッド用スライダおよびその製造方法

発明の背景

1. 発明の技術分野

本発明は、記録媒体に対向する媒体対向面と、媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子とを有する薄膜磁気ヘッド用スライダおよびその製造方法に関する。

2. 関連技術の説明

近年、ハードディスク装置の面記録密度の向上に伴って、薄膜磁気ヘッドの性能向上が求められている。薄膜磁気ヘッドとしては、書き込み用の誘導型電磁変換素子を有する記録ヘッドと読み出し用の磁気抵抗効果素子（以下、MR (Magnetoresistive) 素子とも記す。）を有する再生ヘッドとを積層した構造の複合型薄膜磁気ヘッドが広く用いられている。MR素子としては、異方性磁気抵抗 (Anisotropic Magnetoresistive) 効果を用いたAMR素子と、巨大磁気抵抗 (Giant Magnetoresistive) 効果を用いたGMR素子とがあり、AMR素子を用いた再生ヘッドはAMRヘッドあるいは単にMRヘッドと呼ばれ、GMR素子を用いた再生ヘッドはGMRヘッドと呼ばれる。AMRヘッドは、面記録密度が1ギガビット/(インチ)²を超える再生ヘッドとして利用され、GMRヘッドは、面記録密度が3ギガビット/(インチ)²を超える再生ヘッドとして利用されている。近年は、ほとんどGMRヘッドが利用されるようになってきている。

再生ヘッドの性能を向上させる方法としては、MR膜をAMR膜からGMR膜等の磁気抵抗感度の優れた材料に変える方法や、MR膜のパターン幅、すなわち、再生トラック幅やMRハイトを適切化する方法等がある。MRハイトとは、MR素子のエアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ（高さ）をいう。また、エアベアリング面は、薄膜磁気ヘッドにおける磁気記録媒体と対向する面である。

一方、再生ヘッドの性能向上に伴って、記録ヘッドの性能向上も求められている。記録ヘッドの性能のうち面記録密度を高めるには、記録トラック密度を上げる必要がある。このためには、記録ギャップ層を挟んでその上下に形成された下

部磁極および上部磁極のエアベアリング面での幅を数ミクロンからサブミクロン寸法まで狭くした狭トラック構造の記録ヘッドを実現する必要がある、これを達成するために半導体加工技術が利用されている。また、記録ヘッドの性能を決定する他の要因としては、パターン幅、特に、スロートハイト (Throat Height) がある。スロートハイトは、2つの磁極層が記録ギャップ層を介して対向する部分、すなわち磁極部分の、エアベアリング面側の端部から反対側の端部までの長さ (高さ) をいう。記録ヘッドの性能向上のためには、スロートハイトの縮小化が望まれている。このスロートハイトは、エアベアリング面の加工の際の研磨量によって決定される。

このように、薄膜磁気ヘッドの性能の向上のためには、記録ヘッドと再生ヘッドをバランスよく形成することが重要である。

高密度記録を可能にする薄膜磁気ヘッドに要求される条件としては、再生ヘッドについては、再生トラック幅の縮小、再生出力の増加、ノイズの低減等があり、記録ヘッドについては、記録トラックの縮小、記録媒体上の既にデータを書き込んである領域にデータを重ね書きする場合の特性であるオーバーライト特性の向上、非線形トランジションシフト (Non-linear Transition Shift) の向上等がある。

ところで、ハードディスク装置等に用いられる浮上型薄膜磁気ヘッドは、一般的に、後端部に薄膜磁気ヘッド素子が形成されたスライダによって構成されるようになっている。スライダは、記録媒体の回転によって生じる空気流によって記録媒体の表面からわずかに浮上するようになっている。

ここで、図34Aないし図37A、図34Bないし図37B、および図38を参照して、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の製造方法の一例について説明する。なお、図34Aないし図37Aはエアベアリング面に垂直な断面を示し、図34Bないし図37Bは磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

この製造方法では、まず、図34Aおよび図37Bに示したように、例えばアルミニウムオキシド・チタニウムカーバイド ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{TiC}$) よりなる基板101の上に、例えばアルミナ (Al_2O_3) よりなる絶縁層102を、約5～10 μm 程度の厚みで堆積する。次に、絶縁層102の上に、磁性材料よりなる

再生ヘッド用の下部シールド層103を形成する。

次に、下部シールド層103の上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる下部シールドギャップ膜104を、例えばスパッタリングにより、例えば100～200nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、再生用のMR素子105を、数十nmの厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜104の上に、MR素子105に電氣的に接続される一対の電極層106を形成する。

次に、下部シールドギャップ膜104、MR素子105および電極層106の上に、アルミナ等の絶縁材料よりなる上部シールドギャップ膜107を、例えばスパッタリングによって形成し、MR素子105をシールドギャップ膜104、107内に埋設する。

次に、上部シールドギャップ膜107の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、下部磁極層と記す。）108を、約3μmの厚みに形成する。

次に、図35Aおよび図35Bに示したように、下部磁極層108の上に、絶縁膜、例えばアルミナ膜よりなる記録ギャップ層109を0.2μmの厚みに形成する。次に、磁路形成のために、記録ギャップ層109を部分的にエッチングして、コンタクトホール109aを形成する。次に、磁極部分における記録ギャップ層109の上に、記録ヘッド用の磁性材料よりなる上部磁極チップ110を、0.5～1.0μmの厚みに形成する。このとき同時に、磁路形成のためのコンタクトホール109aの上に、磁路形成のための磁性材料からなる磁性層119を形成する。

次に、図36Aおよび図36Bに示したように、上部磁極チップ110をマスクとして、イオンミリングによって、記録ギャップ層109と下部磁極層108をエッチングする。図36Bに示したように、上部磁極部分（上部磁極チップ110）、記録ギャップ層109および下部磁極層108の一部の各側壁が垂直に自己整合的に形成された構造は、トリム（Trim）構造と呼ばれる。

次に、全面に、例えばアルミナ膜よりなる絶縁層111を、約3μmの厚みに形成する。次に、この絶縁層111を、上部磁極チップ110および磁性層11

9の表面に至るまで研磨して平坦化する。

次に、平坦化された絶縁層111の上に、例えば銅(Cu)よりなる誘導型の記録ヘッド用の第1層目の薄膜コイル112を形成する。次に、絶縁層111およびコイル112の上に、フォトレジスト層113を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層113の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。次に、フォトレジスト層113の上に、第2層目の薄膜コイル114を形成する。次に、フォトレジスト層113およびコイル114上に、フォトレジスト層115を、所定のパターンに形成する。次に、フォトレジスト層115の表面を平坦にするために所定の温度で熱処理する。

次に、図37Aおよび図37Bに示したように、上部磁極チップ110、フォトレジスト層113、115および磁性層119の上に、記録ヘッド用の磁性材料、例えばパーマロイ(NiFe)よりなる上部磁極層116を形成する。次に、上部磁極層116の上に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層117を形成する。最後に、上記各層を含むスライダの機械加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面118を形成して、薄膜磁気ヘッド素子が完成する。

図38は、図37Aおよび図37Bに示した薄膜磁気ヘッド素子の平面図である。なお、この図では、オーバーコート層117や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。

次に、図39ないし図43を参照して、関連技術のスライダの構成と作用について説明する。図39は関連技術のスライダのエアベアリング面の構成の一例を示す底面図である。この図に示したように、スライダ120におけるエアベアリング面は、磁気ディスク等の記録媒体の回転によって生じる空気流によってスライダ120を記録媒体の表面からわずかに浮上させるために必要な形状に形成されている。なお、図39において、符号121aは凸部を表し、121bは凹部を表している。また、スライダ120の空気流出端(図39における上側の端部)の近傍であってエアベアリング面の近傍の位置には薄膜磁気ヘッド素子122が配置されている。この薄膜磁気ヘッド素子122の構成は、例えば図37Aおよび図37Bに示したようになっている。図39におけるA部が、図37Bに対

応する。

スライダ120は、以下のようにして製造される。まず、それぞれ薄膜磁気ヘッド素子122を含むスライダとなる部分（以下、スライダ部分と言う。）が複数列に配列されたウェハを一方向に切断して、スライダ部分が一行に配列されたバーと呼ばれるブロックを形成する。次に、このバーに対して研磨加工を行ってエアベアリング面を形成し、更に、凸部121aおよび凹部121bを形成する。次に、バーを切断して各スライダ120に分離する。

図40は、記録媒体140が静止している状態におけるスライダ120と記録媒体140とを示す断面図である。図40において、スライダ120に関しては、図39の40-40線断面で表している。また、図41は、図39における上側から見たスライダ120を示している。

図40に示したように、スライダ120の大部分は、例えばアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドよりなる基板101で構成されている。スライダ120のうちの残りの部分は、例えばアルミナよりなる絶縁部127と、この絶縁部127内に形成された薄膜磁気ヘッド素子122等で構成されている。絶縁部127の大部分はオーバーコート層117である。

図40および図41に示したスライダ120では、下部シールド層103、下部磁極層108、上部磁極チップ110、上部磁極層116等の腐食等を防止するために、エアベアリング面に、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）等を用いた保護層128を形成している。

図42は、記録媒体140が停止している状態から回転を開始した直後におけるスライダ120と記録媒体140とを示す断面図である。また、図43は、記録媒体140が回転し、スライダ120が記録媒体140の表面から浮上し、薄膜磁気ヘッド素子122によって記録や再生が行われている状態を表している。スライダ120の浮上時において、スライダ120と記録媒体140との最短距離H11は8～10nm程度であり、スライダ120の空気流出端と記録媒体140との距離H12は、100～500nm程度である。

ところで、ハードディスク装置の性能、特に面記録密度を向上させる方法には、線記録密度を高める方法とトラック密度を高める方法とがある。高性能のハー

ドディスク装置を設計する際には、線記録密度とトラック密度のどちらに重点を置くかによって、記録ヘッド、再生ヘッド、あるいは薄膜磁気ヘッド全体における具体的な方策が異なる。すなわち、トラック密度に重点を置いた設計の場合には、例えば、記録ヘッドと再生ヘッドの双方においてトラック幅の縮小が求められる。

一方、線記録密度に重点を置いた設計の場合には、例えば、再生ヘッドにおいて、再生出力の向上や、下部シールド層と上部シールド層との間の距離であるシールドギャップ長の縮小が求められる。線記録密度に重点を置いた設計の場合には、更に、記録媒体と薄膜磁気ヘッド素子との間の距離（以下、磁気スペースと言う。）の縮小が求められる。

磁気スペースの縮小は、スライダの浮上量の縮小によって達成される。磁気スペースの縮小は、再生ヘッドにおける再生出力の向上に寄与する他に、記録ヘッドにおけるオーバーライト特性の向上に寄与する。

以下、磁気スペースを縮小する場合における問題点について説明する。従来、スライダ120のエアベアリング面の研磨は、例えば、ダイヤモンドスラリーを用い、回転するスズ定盤上で行っていた。

ところで、スライダ120を構成する複数の材料には硬度に差がある。例えば、基板101に使用されるセラミックス材であるアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドと、下部シールド層103、下部磁極層108、上部磁極チップ110、上部磁極層116等を使用される磁性材料、例えばNiFeと、絶縁部127に使用されるアルミナとで硬度を比較すると、アルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドの硬度が最も大きく、NiFeの硬度が最も小さく、アルミナの硬度はアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドの硬度とNiFeの硬度の間である。

このように互いに硬度の異なる複数の層を含むスライダ120を、研磨剤としてダイヤモンドスラリーを用いてスズ定盤上で研磨すると、硬度の異なる複数の層の間で段差が生じることがあった。例えば、図40に示したように、絶縁部127と基板101との間では、基板101に対して絶縁部127が引っ込むように段差が生じる。この段差の大きさRは、例えば3～5nmである。また、図示

しないが、NiFe等の磁性材料よりなる層、例えば上部磁極層116と絶縁部127との間では、絶縁部127に対して上部磁極層116が引っ込んだ状態で1~2nm程度の段差が生じる。これらの段差は、磁気スペースの縮小を妨げていた。

このように、関連技術の薄膜磁気ヘッドでは、スライダ120のエアベアリング面において、薄膜磁気ヘッド素子122に対応する部分が他の部分よりも引っ込んだ状態で段差が生じることから、磁気スペースを縮小することが困難であり、その結果、記録密度を向上させることが難しいという問題点があった。

また、関連技術の薄膜磁気ヘッドでは、上述のように、磁気スペースを縮小することが困難であることから、特に、再生ヘッドにおける再生出力の向上や半値幅の縮小といった再生ヘッドの特性の向上を十分に図ることができなかった。そのため、従来は、高密度記録用のハードディスク装置のエラーレートが高くなり、ハードディスク装置の歩留りが低くなるという問題点があった。

一方、磁気スペースを縮小してゆくと、スライダと記録媒体との衝突が生じやすくなり、記録媒体や薄膜磁気ヘッド素子の損傷が生じやすくなる。これを防止するには、記録媒体の表面の平滑性を高めることが必要になる。しかし、記録媒体の表面の平滑性を高めると、スライダと記録媒体との吸着が生じやすくなる。その結果、記録媒体が停止して、スライダが記録媒体に接触している状態から、記録媒体が回転を開始したときに、スライダが記録媒体から離れにくくなるという問題点がある。

従来は、スライダと記録媒体との吸着を防止するために、スライダのエアベアリング面にクラウンやキャンバを形成していた。クラウンとは、図40に示したように、スライダ120の長手方向において緩やかに湾曲した凸面を言う。キャンバとは、図41に示したように、スライダ120の幅方向において緩やかに湾曲した凸面を言う。クラウンにおける高低差C1は、10~50nm程度である。また、キャンバにおける高低差C2は、5~20nm程度である。

従来、クラウンは、例えば、バーのエアベアリング面の研磨の際に、定盤に対するバーの姿勢を変化させることによって形成していた。

一方、キャンバは、従来、例えば次のような方法で形成していた。すなわち、

まず、MRハイトを調整するためにバーのエアベアリング面の研磨を行った後、バーにおける各スライダ部分の間の切断予定位置に、ダイヤモンドグラインダ等によって切れ込みを入れる。次に、凹面形状の定盤上でバーのエアベアリング面を軽く再研磨する。

しかしながら、キャンバを形成するための上記の方法では、バーのエアベアリング面の研磨によってMRハイトを正確に調整した後に、キャンバを形成するために、再度、バーのエアベアリング面を10～20nm程度研磨する。そのため、この方法では、MRハイトが所望の値からずれる場合があるという問題点がある。また、この方法では、凹面形状の定盤上でバーのエアベアリング面を研磨する際に、定盤の汚れや定盤上のごみによってバーに引っかき傷が入る場合があり、薄膜磁気ヘッドの歩留りを低下させるという問題点がある。また、この方法では、凹面形状の定盤上でバーのエアベアリング面を研磨する際に、MR素子に接続された電極層の削り粉が、エアベアリング面と定盤との間に挟まれて延びて、スメアーと呼ばれる不良が発生する場合がある。このスメアーは、MR素子とシールド層との間の電氣的な短絡を引き起こす場合がある。この短絡は、再生ヘッドの感度を低下させたり、再生出力にノイズを発生させたりして、再生ヘッドの特性を劣化させる。

また、スライダのエアベアリング面にクラウンやキャンバを形成する場合には、これらの形成の工程の存在によって、スライダの製造コストが高くなるという問題点がある。

発明の目的および概要

本発明の目的は、薄膜磁気ヘッド用スライダと記録媒体との衝突によって記録媒体や薄膜磁気ヘッド素子が損傷することや、薄膜磁気ヘッド用スライダと記録媒体とが吸着することを防止しながら、磁気スペースの縮小を可能にした薄膜磁気ヘッド用スライダおよびその製造方法を提供することにある。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダは、

回転する記録媒体に対向する媒体対向面と空気流入端と空気流出端とを有するスライダ本体と、

スライダ本体における空気流出端の近傍であって媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子とを備えた薄膜磁気ヘッド用スライダであって、

媒体対向面は、空気流出端に近い第１の部分と、空気流入端に近い第２の部分と、第１の部分と第２の部分との間の境界部分とを有し、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になるように、第２の部分は第１の部分に対して傾斜しているものである。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダでは、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になり、スライダ本体が記録媒体の面に接触する際には、境界部分が記録媒体の面に接触する。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、第２の部分は、記録媒体が回転している間、境界部分よりも空気流入端が記録媒体から離れるように記録媒体の面に対して傾くものであってもよい。この場合、記録媒体が回転している間、第２の部分と記録媒体の面とのなす角度は 30° 以下であってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体は、記録媒体が静止している間は記録媒体の面に接触し、記録媒体が回転している間は記録媒体の面から離れるものであってもよい。この場合、スライダ本体は、記録媒体の面に対して接触を開始する時に、境界部分が最初に記録媒体の面に接触するものであってもよい。また、スライダ本体は、記録媒体の面から離れる時に、境界部分が最後に記録媒体の面から離れるものであってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、媒体対向面は、記録媒体の回転時におけるスライダ本体の姿勢を制御するための凹凸を有していてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、記録媒体が回転している間および記録媒体が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体は境界部分において記録媒体の面に接触し、第１の部分および第２の部分は、空気流出端および空気流入端が記録媒体から離れるように記録媒体の面に対して傾くものであってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、第１の部分と第２の部分とのなす角度は 30° 以下であってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、媒体対向面は、境界部分を含む領域において形成された凹部を有していてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体は、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子の下地となる基板部と、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部とを含んでいてもよい。この場合、媒体対向面は、境界部分を含む領域において形成された凹部を有し、凹部は基板部に形成されていてもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体が基板部と絶縁部とを含む場合には、スライダ本体は、更に、基板部および絶縁部の各記録媒体に向く面を覆う保護層を含んでいてもよい。この場合、媒体対向面は、境界部分を含む領域において形成された凹部を有し、凹部は保護層に形成されていてもよい。また、保護層は、アルミナまたはダイヤモンドライクカーボンよりなるものであってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体が基板部と絶縁部とを含む場合には、絶縁部の記録媒体に向く面は、基板部の記録媒体に向く面のうちの、絶縁部の記録媒体に向く面に隣接する部分よりも、記録媒体から離れた位置に配置されていてもよい。この場合、記録媒体が回転している間および記録媒体が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体は記録媒体の面に接触し、且つ少なくとも記録媒体が回転している間において、第1の部分のうち基板部に含まれる部分は記録媒体の面に接触してもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体が基板部と絶縁部とを含む場合には、第1の部分のうち基板部に含まれる部分の空気通過方向の長さは、基板部全体の空気通過方向の長さの50%以下であってもよい。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法は、回転する記録媒体に対向する媒体対向面と空気流入端と空気流出端とを有するスライダ本体と、スライダ本体における空気流出端の近傍であって媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子とを備え、媒体対向面は、空気流出端に近い第1の部分と、空気流入端に近い第2の部分と、第1の部分と第2の部分との間の境界部分とを有し、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になるように、第2の部分

は第1の部分に対して傾斜している薄膜磁気ヘッド用スライダを製造する方法である。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法は、

スライダ本体となる部分と薄膜磁気ヘッド素子とを含むスライダ用素材を形成する工程と、

スライダ用素材に、第1の部分、第2の部分および境界部分を有する媒体対向面と空気流入端と空気流出端とが形成されるように、スライダ用素材を加工する工程とを備えたものである。

本発明の製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッド用スライダでは、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になり、スライダ本体が記録媒体の面に接触する際には、境界部分が記録媒体の面に接触する。

本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ用素材を加工する工程は、第1の部分形成のためにスライダ用素材を研磨する工程と、第2の部分形成のためにスライダ用素材を研磨する工程とを含んでもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ用素材を加工する工程は、媒体対向面に、記録媒体の回転時におけるスライダ本体の姿勢を制御するための凹凸を形成する工程を含んでもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、第1の部分と第2の部分とのなす角度は 30° 以下であってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ用素材を加工する工程は、媒体対向面における境界部分を含む領域に凹部を形成する工程を含んでもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ本体となる部分は、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子の下地となる基板部と、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部とを含んでもよい。この場合、スライダ用素材を加工する工程は、基板部をエッチングすることによって、媒体対向面における境界部分を含む領域に凹部を形成する工程を含んでもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ本体となる部分が基板部と絶縁部とを含む場合には、スライダ用素材を加工する工程は、基板部および絶縁部の各記録媒体に向く面を覆う保護層を形成する工程を含んでいてもよい。また、スライダ用素材を加工する工程は、保護層をエッチングすることによって、媒体対向面における境界部分を含む領域に凹部を形成する工程を含んでいてもよい。また、保護層は、アルミナまたはダイヤモンドライクカーボンよりなるものであってもよい。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ本体となる部分が基板部と絶縁部とを含む場合には、絶縁部の記録媒体に向く面は、基板部の記録媒体に向く面のうちの、絶縁部の記録媒体に向く面に隣接する部分よりも、記録媒体から離れた位置に配置されてもよい。また、第1の部分のうち基板部に含まれる部分の空気通過方向の長さは、基板部全体の空気通過方向の長さの50%以下であってもよい。

本発明のその他の目的、特徴および利益は、以下の説明を以って十分明白になるであろう。

図面の簡単な説明

図1は、本発明の第1の実施の形態に係るスライダの側面図である。

図2は、本発明の第1の実施の形態に係るスライダの斜視図である。

図3Aおよび図3Bは、薄膜磁気ヘッド素子の製造方法の一例における一工程を示す断面図である。

図4Aおよび図4Bは、図3Aおよび図3Bに続く工程を説明するための断面図である。

図5Aおよび図5Bは、図4Aおよび図4Bに続く工程を説明するための断面図である。

図6Aおよび図6Bは、図5Aおよび図5Bに続く工程を説明するための断面図である。

図7Aおよび図7Bは、図6Aおよび図6Bに続く工程を説明するための断面図である。

図 8 A および図 8 B は、薄膜磁気ヘッド素子の一例の構成を示す断面図である。

図 9 は、図 8 A および図 8 B に示した薄膜磁気ヘッド素子の主要部分を示す平面図である。

図 10 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダの製造方法で使用されるウェハにおけるスライダ部分の配列を示す斜視図である。

図 11 は、本発明の第 1 の実施の形態においてバーの研磨を行うための研磨装置の概略の構成を示す斜視図である。

図 12 は、図 11 に示した研磨装置の回路構成の一例を示すブロック図である。

図 13 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダの製造方法における一工程を示す側面図である。

図 14 は、図 13 に続く工程を説明するための側面図である。

図 15 は、図 14 に続く工程を説明するための側面図である。

図 16 は、図 15 に続く工程を説明するための側面図である。

図 17 は、図 16 に続く工程を説明するための側面図である。

図 18 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダの形状の一例を示す側面図である。

図 19 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダが取り付けられるヘッドジンバルアセンブリを示す斜視図である。

図 20 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダが用いられるハードディスク装置の要部を示す説明図である。

図 21 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダが用いられるハードディスク装置の平面図である。

図 22 は、記録媒体回転時における本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダの状態を示す側面図である。

図 23 は、記録媒体静止時における本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダの状態を示す側面図である。

図 24 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダの薄膜磁気ヘッド素子に

における再生出力の波形の一例を示す波形図である。

図 2 5 は、本発明の第 1 の実施の形態に係るスライダの他の形状の例を示す側面図である。

図 2 6 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るスライダの構成の一例を示す斜視図である。

図 2 7 は、記録媒体回転時および静止時における図 2 6 に示したスライダの状態を示す側面図である。

図 2 8 は、本発明の第 2 の実施の形態に係るスライダの構成の他の例を示す斜視図である。

図 2 9 は、本発明の第 3 の実施の形態に係るスライダの斜視図である。

図 3 0 は、記録媒体回転時における図 2 9 に示したスライダの状態を示す側面図である。

図 3 1 は、記録媒体回転時における本発明の第 4 の実施の形態に係るスライダの状態を示す側面図である。

図 3 2 は、本発明の第 4 の実施の形態に係るスライダの構成の一例を示す斜視図である。

図 3 3 は、本発明の第 4 の実施の形態に係るスライダの構成の他の例を示す斜視図である。

図 3 4 A および図 3 4 B は、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の製造方法における一工程を説明するための断面図である。

図 3 5 A および図 3 5 B は、図 3 4 A および図 3 4 B に続く工程を説明するための断面図である。

図 3 6 A および図 3 6 B は、図 3 5 A および図 3 5 B に続く工程を説明するための断面図である。

図 3 7 A および図 3 7 B は、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の断面図である。

図 3 8 は、関連技術の薄膜磁気ヘッド素子の平面図である。

図 3 9 は、関連技術のスライダのエアベアリング面の構成の一例を示す底面図である。

図 4 0 は、記録媒体が静止している状態における関連技術のスライダと記録媒

体とを示す断面図である。

図４１は、図３９における上側から見た関連技術のスライダを示す正面図である。

図４２は、記録媒体が停止している状態から回転を開始した直後における関連技術のスライダと記録媒体とを示す断面図である。

図４３は、記録媒体の表面から浮上した状態の関連技術のスライダを示す断面図である。

好適な実施の形態の詳細な説明

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して詳細に説明する。

〔第１の実施の形態〕

まず、図１および図２を参照して、本発明の第１の実施の形態に係る薄膜磁気ヘッド用スライダ（以下、単にスライダと記す。）の構成について説明する。図１は本実施の形態に係るスライダの側面図、図２は本実施の形態に係るスライダの斜視図である。

本実施の形態に係るスライダ２０は、スライダ本体２１と、薄膜磁気ヘッド素子２２とを備えている。スライダ本体２１は、回転する記録媒体に対向する媒体対向面としてのエアベアリング面３０と、記録媒体の回転によって生じる空気流が流入する端部である空気流入端４１と、この空気流が流出する端部である空気流出端４２とを有している。薄膜磁気ヘッド素子２２は、スライダ本体２１における空気流出端４２の近傍であってエアベアリング面３０の近傍に配置されている。

エアベアリング面３０は、空気流出端４２に近い第１の部分３１と、空気流入端４１に近い第２の部分３２と、第１の部分３１と第２の部分３２との間の境界部分３３とを有している。第１の部分３１は、エアベアリング面３０とは反対側の面に対して平行になっている。第２の部分３２は、エアベアリング面３０の全体の形状が境界部分３３において屈曲した凸形状（屋根形）になるように、第１の部分３１に対して傾斜している。第１の部分３１と第２の部分３２とのなす角度 θ は 30° 以下であることが好ましい。

スライダ本体 21 は、記録媒体に向く面（図 1 における下側の面）を有し薄膜磁気ヘッド素子 22 の下地となる基板部 23 と、記録媒体に向く面（図 1 における下側の面）を有し薄膜磁気ヘッド素子 22 を囲う絶縁部 24 とを含んでいる。スライダ本体 21 は、更に、基板部 23 および絶縁部 24 の各記録媒体に向く面を覆う保護層 25 を含んでいる。基板部 23 は、例えばアルミニウムオキサイド・チタニウムカーバイドによって構成される。絶縁部 24 は、例えば、主にアルミナによって構成される。保護層 25 は、例えばアルミナまたはダイヤモンドライクカーボンよりなる。

図 2 に示したように、エアベアリング面 30 は、記録媒体の回転時におけるスライダ本体 21 の姿勢を制御するための凹凸を有している。具体的には、エアベアリング面 30 は、記録媒体に最も近い面 30 a と、この面 30 a に対して所定の第 1 の段差を有する面 30 b と、面 30 a に対して第 1 の段差よりも大きな第 2 の段差を有する面 30 c とを含んでいる。面 30 a はスライダ本体 21 の幅方向（図 2 における左右方向）の両側近傍に配置され、面 30 b は空気流入端 41 の近傍に配置され、面 30 c は、エアベアリング面 30 の全体から面 30 a および面 30 b を除いた部分となっている。

本実施の形態に係るスライダ 20 では、エアベアリング面 30 における凹凸の形状に応じて、空気流によって、スライダ本体 21 に対して記録媒体から離れる方向の力または記録媒体に近づく方向の力を与えることができる。従って、エアベアリング面 30 における凹凸の形状の設計によって、記録媒体の回転時におけるスライダ本体 21 の姿勢を制御することが可能である。

図 1 に示したように、エアベアリング面 30 の第 1 の部分 31 は、基板部 23 と絶縁部 24 にまたがって配置されている。第 1 の部分 31 のうち基板部 23 に含まれる部分の空気通過方向（図 1 における左右方向）の長さ L_1 は、基板部 23 全体の空気通過方向の長さ L_0 の 50% 以下であることが好ましい。

なお、基板部 23 全体の空気通過方向の長さ L_0 は、例えば 1.2 mm である。これに対し、絶縁部 24 の空気通過方向の長さ L_3 は、30～40 μm 程度である。従って、スライダ本体 21 の空気通過方向の長さは、基板部 23 全体の空気通過方向の長さ L_0 とほぼ等しい。

また、空気流出端42におけるスライダ本体21の高さ（図1における上下方向の長さ）H0は、例えば0.3mmである。また、保護層25の厚みは、例えば約3～5nmである。

ここで、図1に示したように、エアベアリング面30の第1の部分31を含む仮想の平面と空気流入端41との間の距離を、高低差と呼び、記号H1で表す。この高低差H1は、長さL0、L1と角度 θ とによって決まる。以下に、長さL0を1.2mmとした場合における長さL1と角度 θ と高低差H1との関係の例を示す。

まず、長さL1を10 μ mとした場合には、角度 θ が0.5°、1°、10°、30°のときの高低差H1は、それぞれ、10.39 μ m、20.77 μ m、209.83 μ m、687.05 μ mとなる。

また、長さL1を50 μ mとした場合には、角度 θ が0.5°、1°、10°、30°のときの高低差H1は、それぞれ、10.04 μ m、20.07 μ m、202.78 μ m、663.95 μ mとなる。

また、長さL1を100 μ mとした場合には、角度 θ が0.5°、1°、10°、30°のときの高低差H1は、それぞれ、9.60 μ m、19.20 μ m、193.96 μ m、635.09 μ mとなる。

次に、図3Aないし図8A、図3Bないし図8B、および図9を参照して、本実施の形態に係るスライダにおける薄膜磁気ヘッド素子22の製造方法の一例について説明する。なお、図3Aないし図8Aはエアベアリング面および基板の上面に垂直な断面を示し、図3Bないし図8Bは磁極部分のエアベアリング面に平行な断面を示している。

本例における薄膜磁気ヘッド素子22の製造方法では、まず、図3Aおよび図3Bに示したように、例えばアルミニウムオキシサイド・チタニウムカーバイド（ $Al_2O_3 \cdot TiC$ ）よりなる基板1の上に、例えばアルミナ（ Al_2O_3 ）よりなる絶縁層2を、約5 μ mの厚みで堆積する。次に、絶縁層2の上に、磁性材料、例えばパーマロイよりなる再生ヘッド用の下部シールド層3を、約3 μ mの厚みに形成する。下部シールド層3は、例えば、フォトレジスト膜をマスクにして、めっき法によって、絶縁層2の上に選択的に形成する。次に、図示しないが、全

体に、例えばアルミナよりなる絶縁層を、例えば $4\sim 5\ \mu\text{m}$ の厚みに形成し、例えばCMP（化学機械研磨）によって、下部シールド層3が露出するまで研磨して、表面を平坦化処理する。

次に、図4Aおよび図4Bに示したように、下部シールド層3の上に、絶縁膜としての下部シールドギャップ膜4を、例えば約 $20\sim 40\ \text{nm}$ の厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、磁気的信号検出用のMR素子5を、数十 nm の厚みに形成する。MR素子5は、一端部がエアベアリング面30に配置される。MR素子5は、例えば、スパッタによって形成したMR膜を選択的にエッチングすることによって形成する。なお、MR素子5には、AMR素子、GMR素子、あるいはTMR（トンネル磁気抵抗効果）素子等の磁気抵抗効果を示す感磁膜を用いた素子を用いることができる。次に、下部シールドギャップ膜4の上に、MR素子5に電氣的に接続される一対の電極層6を、数十 nm の厚みに形成する。次に、下部シールドギャップ膜4およびMR素子5の上に、絶縁膜としての上部シールドギャップ膜7を、例えば約 $20\sim 40\ \text{nm}$ の厚みに形成し、MR素子5をシールドギャップ膜4、7内に埋設する。シールドギャップ膜4、7に使用する絶縁材料としては、アルミナ、窒化アルミニウム、ダイヤモンドライクカーボン（DLC）等がある。また、シールドギャップ膜4、7は、スパッタ法によって形成してもよいし、化学的気相成長（CVD）法によって形成してもよい。

次に、上部シールドギャップ膜7の上に、磁性材料からなり、再生ヘッドと記録ヘッドの双方に用いられる上部シールド層兼下部磁極層（以下、下部磁極層と記す。）8の第1の層8aを、約 $1.0\sim 1.5\ \mu\text{m}$ の厚みで、選択的に形成する。なお、下部磁極層8は、この第1の層8aと、後述する第2の層8b、第3の層8cとで構成される。下部磁極層8の第1の層8aは、後述する薄膜コイルの少なくとも一部に対向する位置に配置される。

次に、下部磁極層8の第1の層8aの上に、下部磁極層8の第2の層8bおよび第3の層8cを、約 $1.5\sim 2.5\ \mu\text{m}$ の厚みに形成する。第2の層8bは、下部磁極層8の磁極部分を形成し、第1の層8aの後述する記録ギャップ層側（図4Aおよび図4Bにおいて上側）の面に接続される。第3の層8cは、第1の

層 8 a と後述する上部磁極層とを接続するための部分であり、後述する薄膜コイルの中心の近傍の位置に配置される。第 2 の層 8 b のうち上部磁極層と対向する部分におけるエアベアリング面 3 0 とは反対側の端部の位置は、スロートハイトを規定する。

下部磁極層 8 の第 2 の層 8 b および第 3 の層 8 c は、NiFe (Ni : 8 0 重量%, Fe : 2 0 重量%) や、高飽和磁束密度材料である NiFe (Ni : 4 5 重量%, Fe : 5 5 重量%) 等を用い、めっき法によって形成してもよいし、高飽和磁束密度材料である FeN, FeZrN 等の材料を用い、スパッタによって形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料である CoFe, Co 系アモルファス材等を用いてもよい。

次に、図 5 A および図 5 B に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁膜 9 を、約 0. 3 ~ 0. 6 μ m の厚みに形成する。

次に、フォトレジストをフォトリソグラフィ工程によりパターンニングして、薄膜コイルをフレームめっき法によって形成するための図示しないフレームを形成する。次に、このフレームを用いて、フレームめっき法によって、例えば銅 (Cu) よりなる薄膜コイル 1 0 を、例えば約 1. 0 ~ 2. 0 μ m の厚みおよび 1. 2 ~ 2. 0 のコイルピッチで形成する。次に、フレームを除去する。なお、図中、符号 1 0 a は、薄膜コイル 1 0 を、後述する導電層 (リード) と接続するための接続部を示している。

次に、図 6 A および図 6 B に示したように、全体に、例えばアルミナよりなる絶縁層 1 1 を、約 3 ~ 4 μ m の厚みで形成する。次に、例えば CMP によって、下部磁極層 8 の第 2 の層 8 b および第 3 の層 8 c が露出するまで、絶縁層 1 1 を研磨して、表面を平坦化処理する。ここで、図 6 A では、薄膜コイル 1 0 は露出していないが、薄膜コイル 1 0 が露出するようにしてもよい。

次に、露出した下部磁極層 8 の第 2 の層 8 b および第 3 の層 8 c と絶縁層 1 1 の上に、絶縁材料よりなる記録ギャップ層 1 2 を、例えば 0. 2 ~ 0. 3 μ m の厚みに形成する。記録ギャップ層 1 2 に使用する絶縁材料としては、一般的に、アルミナ、窒化アルミニウム、シリコン酸化物系材料、シリコン窒化物系材料、ダイヤモンドライクカーボン (DLC) 等がある。また、記録ギャップ層 1 2 は

、スパッタ法によって形成してもよいし、CVD法によって形成してもよい。

次に、磁路形成のために、下部磁極層8の第3の層8cの上において、記録ギャップ層12を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。また、薄膜コイル10の接続部10aの上の部分において、記録ギャップ層12および絶縁層11を部分的にエッチングしてコンタクトホールを形成する。

次に、図7Aおよび図7Bに示したように、記録ギャップ層12の上において、エアベアリング面30から下部磁極層8の第3の層8cの上の部分にかけて上部磁極層13を約2.0～3.0 μm の厚みに形成すると共に、薄膜コイル10の接続部10aに接続されるように導電層16を約2.0～3.0 μm の厚みに形成する。上部磁極層13は、下部磁極層8の第3の層8cの上の部分に形成されたコンタクトホールを介して、下部磁極層8の第3の層8cに接触し、磁氣的に連結されている。

上部磁極層13は、NiFe (Ni:80重量%, Fe:20重量%)や、高飽和磁束密度材料であるNiFe (Ni:45重量%, Fe:55重量%)等を用い、めっき法によって形成してもよいし、高飽和磁束密度材料であるFeN, FeZrN等の材料を用い、スパッタによって形成してもよい。この他にも、高飽和磁束密度材料であるCoFe, Co系アモルファス材等を用いてもよい。また、高周波特性の改善のため、上部磁極層13を、無機系の絶縁膜とパーマロイ等の磁性層とを何層にも重ね合わせた構造としてもよい。

次に、上部磁極層13をマスクとして、ドライエッチングにより、記録ギャップ層12を選択的にエッチングする。このときのドライエッチングには、例えば、BCl₂, Cl₂等の塩素系ガスや、CF₄, SF₆等のフッ素系ガス等のガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)が用いられる。次に、例えばアルゴンイオンミリングによって、下部磁極層8の第2の層8bを選択的に約0.3～0.6 μm 程度エッチングして、図7Bに示したようなトリム構造とする。このトリム構造によれば、狭トラックの書き込み時に発生する磁束の広がりによる実効的なトラック幅の増加を防止することができる。

次に、図8Aおよび図8Bに示したように、全体に、例えばアルミナよりなるオーバーコート層17を、20～40 μm の厚みに形成し、その表面を平坦化し

て、その上に、図示しない電極用パッドを形成する。最後に、上記各層を含むスライダの研磨加工を行って、記録ヘッドおよび再生ヘッドのエアベアリング面30を形成して、薄膜磁気ヘッド素子が完成する。

図9は、図8Aおよび図8Bに示した薄膜磁気ヘッド素子の主要部分を示す平面図である。なお、図9では、オーバーコート層17や、その他の絶縁層および絶縁膜を省略している。

本例における薄膜磁気ヘッド素子は、再生ヘッドと記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）とを備えている。再生ヘッドは、磁氣的信号検出用のMR素子5と、記録媒体に対向する媒体対向面すなわちエアベアリング面30側の一部がMR素子5を挟んで対向するように配置され、MR素子5をシールドする下部シールド層3および上部シールド層（下部磁極層8）とを有している。

記録ヘッドは、互いに磁氣的に連結され、エアベアリング面30側において互いに対向する磁極部分を含み、それぞれ少なくとも1つの層を含む下部磁極層8および上部磁極層13と、下部磁極層8の磁極部分と上部磁極層13の磁極部分との間に設けられた記録ギャップ層12と、少なくとも一部が下部磁極層8および上部磁極層13の間に、これらに対して絶縁された状態で設けられた薄膜コイル10とを有している。

図1および図2に示したスライダ本体21のうちの基板部23は、図8Aおよび図8Bにおける基板1によって構成されている。また、スライダ本体21のうちの絶縁部24の大部分はオーバーコート層17である。

次に、本実施の形態に係るスライダの製造方法の概略について説明する。本実施の形態に係るスライダの製造方法では、まず、それぞれスライダ20となる部分（以下、スライダ部分と言う。）が複数列に配列されたウェハを一方向に切断して、スライダ部分が一行に配列されたバーと呼ばれるブロックを形成する。スライダ部分は、スライダ本体21となる部分と薄膜磁気ヘッド素子22とを含んでいる。バーは、本発明におけるスライダ用素材に対応する。

次に、バーに対して、第1の部分31、第2の部分32および境界部分33を有するエアベアリング面30と、空気流入端41と、空気流出端42とを形成する。第1の部分31、第2の部分32および境界部分33は、例えば、研磨装置

を用いて、定盤に対するバーの姿勢を変えてバーの研磨を2回行うことによって形成する。この場合には、始めに、バーに含まれる複数のスライダ部分のMR素子5の抵抗値を検出しながら、複数のスライダ部分におけるMRハイトおよびスロートハイトが等しくなるように、バーの研磨を行って、バーに対して第1の部分31を含む面を形成する。次に、定盤に対するバーの姿勢を変えてバーの研磨を行って、第2の部分32と境界部分33とを形成する。

その後、例えばエッチングによって、エアベアリング面30に面30a, 30b, 30cを形成する。最後に、隣接するスライダ部分の間でバーを切断して各スライダ20に分離する。

図10は、ウェハにおけるスライダ部分の配列を示す斜視図である。図10において、符号50はスライダ部分を示している。バーは、図10において左右方向に一行に並ぶ複数のスライダ部分50を含む。なお、図10では、分かりやすくするために、最上段のスライダ部分50は、エアベアリング面が形成された後の状態で表している。

ここで、図11および図12を参照して、バーに含まれる複数のスライダ部分50のMR素子5の抵抗値を検出しながら、複数のスライダ部分50におけるMRハイトおよびスロートハイトが等しくなるように、バーの研磨を行う方法の一例について説明する。

図11は、バーの研磨を行うための研磨装置の概略の構成を示す斜視図である。この研磨装置51は、テーブル60と、このテーブル60上に設けられた回転ラッピングテーブル61と、この回転ラッピングテーブル61の側方において、テーブル60上に設けられた支柱62と、この支柱62に対してアーム63を介して取り付けられた素材支持部70とを備えている。回転ラッピングテーブル61は、バーに当接するラッピングプレート61aを有している。

素材支持部70は、治具保持部73と、この治具保持部73の前方位置に等間隔に配設された3本の荷重付加棒75A, 75B, 75Cとを有している。治具保持部73には、治具80が固定されるようになっている。治具80には、断面が長円形の孔からなる3つの荷重付加部が設けられている。荷重付加棒75A, 75B, 75Cの各下端部には、それぞれ、治具80の各荷重付加部（孔）に挿

入される断面が長円形の頭部を有する荷重付加ピンが設けられている。各荷重付加ピンは、それぞれ図示しないアクチュエータによって、上下方向、左右方向（治具 80 の長手方向）および回転方向に駆動されるようになっている。

治具 80 は、バーを保持する保持部を有している。この治具 80 では、3つの荷重付加部に対して種々の方向の荷重を付加することにより、保持部およびバーが変形される。これにより、バーに含まれる複数の薄膜磁気ヘッド素子 22 の MR ハイトおよびスロートハイトの値を目標とする値となるように制御しながら、バーのエアベアリング面 30 をラッピングすることが可能となる。

図 12 は、図 11 に示した研磨装置の回路構成の一例を示すブロック図である。この研磨装置は、治具 80 の各荷重付加部にそれぞれ 3 方向の荷重を付加するための 9 つアクチュエータ 91～99 と、バー内の複数の MR 素子 5 の抵抗値を監視してアクチュエータ 91～99 を制御する制御装置 86 と、図示しないコネクタを介して、バー内の複数の MR 素子 5 に接続され、これらの MR 素子 5 のいずれかを選択的に制御装置 86 に接続するマルチプレクサ 87 とを備えている。

この研磨装置では、制御装置 86 は、マルチプレクサ 87 を介してバー内の複数の MR 素子 5 の抵抗値を監視して、バー内の各薄膜磁気ヘッド素子 22 における MR ハイトおよびスロートハイトが全て許容誤差の範囲内となるように、アクチュエータ 91～99 を制御する。

次に、図 13 ないし図 17 を参照して、本実施の形態に係るスライダの製造方法について詳しく説明する。図 13 ないし図 17 は、それぞれスライダ部分 50 の側面図である。スライダ部分 50 は、基板部 23 と、絶縁部 24 と、薄膜磁気ヘッド素子 22 とを含んでいる。

本実施の形態に係るスライダの製造方法では、まず、図 13 に示したように、バーに含まれる複数のスライダ部分 50 の MR 素子 5 の抵抗値を検出しながら、複数のスライダ部分 50 における MR ハイトおよびスロートハイトが等しくなるようにバーの研磨を行って、スライダ部分 50 に対して、エアベアリング面 30 の第 1 の部分 31 を含む面 31A を形成する。この時点で、スライダ部分 50 に空気流出端 42 が形成される。

次に、図 14 に示したように、定盤に対するバーの姿勢を変えてバーの研磨を

行って、スライダ部分50に対して、エアベアリング面30の第2の部分32と境界部分33とを形成する。また、この研磨後に残った面31Aは第1の部分31となる。この時点で、スライダ部分50に空気流入端41が形成される。また、この時点において、スライダ部分50には、記録媒体に最も近い面30aを含む面50aが形成されている。

次に、図15に示したように、スライダ部分50の面50aを選択的にエッチングして、面30bを含む面50bを形成する。このエッチング後に残った面50aは面30aとなる。面30aに対する面50bの深さは、例えば約 $1\mu\text{m}$ である。

次に、図16に示したように、スライダ部分50の面50bを選択的にエッチングして面30cを形成する。このエッチング後に残った面50bは面30bとなる。面30aに対する面30cの深さは、例えば約 $2\sim 3\mu\text{m}$ である。

スライダ部分50の面50aや面50bのエッチングは、例えば、 BCl_2 、 Cl_2 等の塩素系ガスや、 CF_4 、 SF_6 等のフッ素系ガス等のガスを用いた反応性イオンエッチング(RIE)によって行われる。

次に、図17に示したように、基板部23および絶縁部24の各記録媒体に向く面を覆うように保護層25を形成する。保護層25の材料には、例えば、アルミナまたはダイヤモンドライクカーボンが用いられる。また、保護層25の厚みは、例えば約 $3\sim 5\text{nm}$ である。その後、隣接するスライダ部分50の間でバーを切断して各スライダ20に分離する。

なお、スライダ部分50に対して面30bまたは面30cを形成する際に同時に、空気流出端42のエッジを面取りしてもよい。

図18は、スライダ20の形状の一例を示している。この例では、基板部23全体の空気通過方向の長さ L_0 は 1.2mm であり、空気流出端42におけるスライダ本体21の高さ H_0 は 0.3mm であり、第1の部分31のうち基板部23に含まれる部分の空気通過方向の長さ L_1 は $50\mu\text{m}$ であり、第1の部分31と第2の部分32とのなす角度 θ は 1° であり、高低差 H_1 は $20\mu\text{m}$ である。

図18に示したスライダ20を後述するサスペンションに取り付けて、回転する記録媒体45上に浮上させたところ、第1の部分31と記録媒体45との間の

距離は5.0 nm程度であった。

次に、図19ないし図21を参照して、本実施の形態に係るスライダ20が取り付けられるヘッドジンバルアセンブリおよびハードディスク装置について説明する。まず、図19を参照して、ヘッドジンバルアセンブリ220について説明する。ハードディスク装置において、スライダ20は、回転駆動される円盤状の記録媒体であるハードディスク262に対向するように配置される。ヘッドジンバルアセンブリ220は、スライダ20と、このスライダ20を弾性的に支持するサスペンション221とを備えている。サスペンション221は、例えばステンレス鋼によって形成された板ばね状のロードビーム222、このロードビーム222の一端部に設けられると共にスライダ20が接合され、スライダ20に適度な自由度を与えるフレクシャ223と、ロードビーム222の他端部に設けられたベースプレート224とを有している。ベースプレート224は、スライダ20をハードディスク262のトラック横断方向xに移動させるためのアクチュエータのアーム230に取り付けられるようになっている。アクチュエータは、アーム230と、このアーム230を駆動するボイスコイルモータとを有している。フレクシャ223において、スライダ20が取り付けられる部分には、スライダ20の姿勢を一定に保つためのジンバル部が設けられている。

ヘッドジンバルアセンブリ220は、アクチュエータのアーム230に取り付けられる。1つのアーム230にヘッドジンバルアセンブリ220を取り付けたものはヘッドアームアセンブリと呼ばれる。また、複数のアームを有するキャリッジの各アームにヘッドジンバルアセンブリ220を取り付けたものはヘッドスタックアセンブリと呼ばれる。

図19は、ヘッドアームアセンブリの一例を示している。このヘッドアームアセンブリでは、アーム230の一端部にヘッドジンバルアセンブリ220が取り付けられている。アーム230の他端部には、ボイスコイルモータの一部となるコイル231が取り付けられている。アーム230の中間部には、アーム230を回動自在に支持するための軸234に取り付けられる軸受け部233が設けられている。

次に、図20および図21を参照して、ヘッドスタックアセンブリの一例とハ

ードディスク装置について説明する。図20はハードディスク装置の要部を示す説明図、図21はハードディスク装置の平面図である。ヘッドスタックアセンブリ250は、複数のアーム252を有するキャリッジ251を有している。複数のアーム252には、複数のヘッドジンバルアセンブリ220が、互いに間隔を開けて垂直方向に並ぶように取り付けられている。キャリッジ251においてアーム252とは反対側には、ボイスコイルモータの一部となるコイル253が取り付けられている。ヘッドスタックアセンブリ250は、ハードディスク装置に組み込まれる。ハードディスク装置は、スピンドルモータ261に取り付けられた複数枚のハードディスク262を有している。各ハードディスク262毎に、ハードディスク262を挟んで対向するように2つのスライダ20が配置される。また、ボイスコイルモータは、ヘッドスタックアセンブリ250のコイル253を挟んで対向する位置に配置された永久磁石263を有している。

スライダ20を除くヘッドスタックアセンブリ250およびアクチュエータは、スライダ20を支持すると共にハードディスク262に対して位置決めする。

このハードディスク装置では、アクチュエータによって、スライダ20をハードディスク262のトラック横断方向に移動させて、スライダ20をハードディスク262に対して位置決めする。スライダ20に含まれる薄膜磁気ヘッドは、記録ヘッドによって、ハードディスク262に情報を記録し、再生ヘッドによって、ハードディスク262に記録されている情報を再生する。

次に、図22および図23を参照して、本実施の形態に係るスライダ20の作用と効果について説明する。図22は記録媒体45が回転しているときのスライダ20の状態を示す側面図、図23は記録媒体45が静止しているときのスライダ20の状態を示す側面図である。

図22に示したように、スライダ本体21は、記録媒体45が回転している間は、記録媒体45の回転によって生じる空気流によって浮上して、記録媒体45の面から離れる。一方、図23に示したように、スライダ本体21は、記録媒体45が静止している間は、記録媒体45の面に接触する。

図22に示したように、記録媒体45が回転している間、エアベアリング面30の第2の部分32は、境界部分33よりも空気流入端41が記録媒体45から

離れるように記録媒体45の面に対して傾く。また、記録媒体45が回転している間、エアベアリング面30の第1の部分31は、記録媒体45の面に対してほぼ平行になる。記録媒体45が回転している間、第2の部分32と記録媒体45の面とのなす角度は 30° 以下であることが好ましい。記録媒体45が回転している間、エアベアリング面30の第1の部分31が記録媒体45の面に対して平行になる場合には、第2の部分32と記録媒体45の面とのなす角度は、第1の部分31と第2の部分32とのなす角度 θ と等しい。このときの第1の部分31と記録媒体45の面との間の距離FHは5nm程度である。このような記録媒体45の回転時におけるスライダ本体21の姿勢は、エアベアリング面30の凹凸の形状によって制御することができる。

記録媒体45が回転状態から静止状態に移行する際に、スライダ本体21が記録媒体45の面に対して接触を開始する時には、境界部分33が最初に記録媒体45の面に接触する。また、記録媒体45が静止状態から回転状態に移行する際に、スライダ本体21が記録媒体45の面から離れる時には、境界部分33が最後に記録媒体45の面から離れる。このように、境界部分33は、飛行機の車輪のような機能を有する。

このように、本実施の形態に係るスライダ20では、スライダ本体21は境界部分33において記録媒体45の面に接触する。そのため、従来のスライダに比べて、スライダ本体21と記録媒体45の面との接触面積が非常に小さくなり、スライダ本体21と記録媒体45の面との摩擦抵抗も非常に小さくなる。従って、本実施の形態に係るスライダ20によれば、記録媒体45の面に対するスライダ本体21の接触の開始と、記録媒体45の面からのスライダ本体21の分離とを円滑に行うことができる。その結果、本実施の形態によれば、スライダ20と記録媒体45との衝突によって記録媒体45や薄膜磁気ヘッド素子22の損傷が生じることを防止することができる。

更に、本実施の形態に係るスライダ20によれば、従来のスライダに比べて、記録媒体45の静止時におけるスライダ本体21と記録媒体45の面との接触面積が非常に小さくなる。従って、スライダ20と記録媒体45とが吸着することを防止することができる。

また、本実施の形態に係るスライダ20では、図22に示したように、記録媒体45が回転している間、エアベアリング面30の第2の部分32は、境界部分33よりも空気流入端41が記録媒体45から離れるように記録媒体45の面に対して傾く。その結果、薄膜磁気ヘッド素子22は記録媒体45の面に接近する。そのため、本実施の形態に係るスライダ20によれば、記録媒体45が回転している間、薄膜磁気ヘッド素子22を記録媒体45の面の近くに配置しながら、エアベアリング面30の第2の部分32を、薄膜磁気ヘッド素子22に比べて記録媒体45から離すことができる。従って、本実施の形態によれば、磁気スペースをより縮小しながら、スライダ20と記録媒体45との衝突を防止することができる。

また、空気流出端42のエッジを面取りした場合には、スライダ20と記録媒体45との衝突をより確実に防止することができる。

以上のことから、本実施の形態に係るスライダ20によれば、スライダ20と記録媒体45との衝突によって記録媒体45や薄膜磁気ヘッド素子22が損傷することや、スライダ20と記録媒体45とが吸着することを防止しながら、磁気スペースを縮小することができる。

また、本実施の形態によれば、磁気スペースの縮小により、薄膜磁気ヘッド素子22の再生ヘッドにおける再生出力の向上や半値幅の縮小が可能になり、その結果、記録密度を向上させることができる。図24は、本実施の形態に係るスライダ20の薄膜磁気ヘッド素子22における再生出力の波形の一例を示したものである。この図において、符号PW50は再生出力における半値幅を表している。半値幅PW50は、再生出力がピーク時の50%以上となる時間である。また、本実施の形態によれば、磁気スペースの縮小により、薄膜磁気ヘッド素子22の記録ヘッドにおけるオーバーライト特性や非線形トランジションシフトを向上させることが可能になる。

このように、本実施の形態によれば、薄膜磁気ヘッド素子22の再生ヘッドおよび記録ヘッドの双方の特性を向上させることができ、その結果、本実施の形態に係るスライダ20を用いるハードディスク装置の歩留りを向上させることができる。

また、本実施の形態では、スライダのエアベアリング面にクラウンやキャンバを形成する場合に比べて、スライダ20のエアベアリング面30の形成を容易に行うことができると共に、クラウンやキャンバを形成する場合における不具合の発生がない。従って、本実施の形態によれば、スライダのエアベアリング面にクラウンやキャンバを形成する場合に比べて、エアベアリング面30の形状を正確に決定でき、スライダ20の歩留りを向上させることができ、スライダ20の製造コストを低減することができ、更にこれらのことから量産性に優れている。

また、本実施の形態において、第1の部分31のうち基板部23に含まれる部分の空気通過方向の長さL1は、基板部23全体の空気通過方向の長さL0の50%以下であることが好ましい。これにより、記録媒体45の回転時に、基板部23全体のうち、記録媒体45の面に接近する部分（第1の部分31のうち基板部23に含まれる部分）の長さL1が、記録媒体45の面から離れる部分（第2の部分32）の長さ以下になり、スライダ20と記録媒体45との衝突をより確実に防止することができる。

なお、図1に示したスライダ20では、エアベアリング面30のうちの第1の部分31が、スライダ本体21のエアベアリング面30とは反対側の面に対して平行になっている。しかし、本実施の形態に係るスライダ20は、図25に示したような形状であってもよい。図25に示したスライダ20は、エアベアリング面30のうちの第2の部分32が、スライダ本体21のエアベアリング面30とは反対側の面に対して平行になっている。第1の部分31は、エアベアリング面30の全体の形状が境界部分33において屈曲した凸形状になるように、第2の部分32に対して傾斜している。第1の部分31と第2の部分32とのなす角度 θ は 30° 以下であることが好ましい。また、第1の部分31のうち基板部23に含まれる部分の空気通過方向（図25における左右方向）の長さL2は、基板部23全体の空気通過方向の長さL0の50%以下であることが好ましい。図25に示したスライダ20のその他の構成は、図1に示したスライダ20と同様である。

ここで、図25に示したスライダ20において、エアベアリング面30の第2の部分32を含む仮想の平面と、第1の部分31のうち基板部23に含まれる部

分の空気流出端42側の端部との間の距離を、高低差と呼び、記号H2で表す。この高低差H2は、長さL0、L2と角度 θ とによって決まる。以下に、長さL0を1.2mmとした場合における長さL2と角度 θ と高低差H2との関係の例を示す。

まず、長さL2を10 μ mとした場合には、角度 θ が0.5°、1°、10°、30°のときの高低差H2は、それぞれ、0.09 μ m、0.18 μ m、1.76 μ m、5.77 μ mとなる。

また、長さL2を50 μ mとした場合には、角度 θ が0.5°、1°、10°、30°のときの高低差H2は、それぞれ、0.44 μ m、0.87 μ m、8.82 μ m、28.87 μ mとなる。

また、長さL2を100 μ mとした場合には、角度 θ が0.5°、1°、10°、30°のときの高低差H2は、それぞれ、0.87 μ m、1.75 μ m、17.63 μ m、57.73 μ mとなる。

[第2の実施の形態]

次に、図26ないし図28を参照して、本発明の第2の実施の形態に係るスライダについて説明する。図26は本実施の形態に係るスライダの構成の一例を示す斜視図である。本実施の形態に係るスライダ20は、記録媒体45が回転している間および記録媒体45が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体21が、エアベアリング面30の境界部分33において記録媒体45の面に接触するものである。

図26に示したように、本実施の形態に係るスライダ20において、エアベアリング面30は、境界部分33を含む領域において形成された複数の凹部35を有している。本実施の形態に係るスライダ20のその他の構成は、第1の実施の形態と同様である。本実施の形態に係るスライダ20では、エアベアリング面30が、境界部分33を含む領域において形成された凹部35を有することにより、第1の実施の形態に比べて、スライダ本体21と記録媒体45の面との接触面積が小さくなる。

図26に示したスライダ20は保護層25を有し、凹部35はこの保護層25をエッチングすることによって形成されている。

図28は、保護層25のない場合における本実施の形態に係るスライダ20を示している。このスライダ20では、凹部35は基板部23をエッチングすることによって形成されている。

本実施の形態に係るスライダ20の製造方法では、エアベアリング面30を形成する工程が、上記凹部35を形成する工程を含む。保護層25を有するスライダ20の製造方法では、凹部35を形成する工程は、保護層25を形成する工程の後に行われ、保護層25をエッチングすることによって凹部35を形成する。保護層25のないスライダ20の製造方法では、凹部35を形成する工程は、面30a～30cを形成する工程の後に行われ、基板部23をエッチングすることによって凹部35を形成する。本実施の形態に係るスライダ20の製造方法のその他の工程は、第1の実施の形態と同様である。

次に、図27を参照して、本実施の形態に係るスライダ20の作用と効果について説明する。図27は記録媒体45が回転しているとき、および記録媒体45が静止しているときのスライダ20の状態を示す側面図である。図27に示したように、本実施の形態では、スライダ20は、記録媒体45が回転している間および記録媒体45が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体21が、エアベアリング面30の境界部分33において記録媒体45の面に接触している。また、エアベアリング面30の第1の部分31および第2の部分32は、それぞれ、空気流出端42および空気流入端41が記録媒体45から離れるように記録媒体45の面に対して傾く。

また、記録媒体45が回転している間、スライダ本体21の空気流出端42と記録媒体45の面との間の距離H4は5nm程度である。

本実施の形態に係るスライダ20では、第1の実施の形態に係るスライダ20よりも磁気スペースを縮小することができる。また、本実施の形態では、スライダ本体21が常に記録媒体45の面に接触しているので、スライダ本体21が記録媒体45の面に接触したり離れたたりすることによるスライダ本体21と記録媒体45との衝突の発生を防止することができる。

また、本実施の形態に係るスライダ20によれば、エアベアリング面30が、境界部分33を含む領域において形成された凹部35を有するので、第1の実施

の形態に比べて、スライダ本体 2 1 と記録媒体 4 5 の面との接触面積が小さくなり、スライダ本体 2 1 と記録媒体 4 5 の面との摩擦抵抗も小さくすることができる。

本実施の形態に係るスライダ 2 0 によれば、第 1 の実施の形態に係るスライダ 2 0 よりも磁気スペースを縮小することができることから、第 1 の実施の形態よりも、再生ヘッドにおける再生出力の向上や半値幅の縮小が可能になると共に、記録ヘッドにおけるオーバーライト特性や非線形トランジションシフトの向上が可能になる。また、その結果、ハードディスク装置の歩留りをより向上させることができる。

なお、本実施の形態に係るスライダ 2 0 では、第 1 の実施の形態と同様に、エアベアリング面 3 0 は、段差を有する面 3 0 a, 3 0 b, 3 0 c によって形成される凹凸を有している。本実施の形態では、この凹凸は、記録媒体 4 5 が回転している間のスライダ本体 2 1 の姿勢を制御するために用いられる。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第 1 の実施の形態と同様である。

[第 3 の実施の形態]

次に、図 2 9 および図 3 0 を参照して、本発明の第 3 の実施の形態に係るスライダについて説明する。図 2 9 は本実施の形態に係るスライダの斜視図である。本実施の形態に係るスライダ 2 0 は、記録媒体 4 5 が回転している間および記録媒体 4 5 が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体 2 1 が記録媒体 4 5 の面に接触するものである。

本実施の形態に係るスライダ 2 0 では、エアベアリング面 3 0 の第 1 の部分 3 1 は、基板部 2 3 の記録媒体 4 5 に向く面に形成されている。そして、絶縁部 2 4 の記録媒体 4 5 に向く面 3 4 は、基板部 2 3 の記録媒体 4 5 に向く面のうちの、面 3 4 に隣接する部分、すなわち第 1 の部分 3 1 よりも、記録媒体 4 5 から離れた位置に配置されている。面 3 4 は、エアベアリング面 3 0 の一部を構成する。面 3 4 と第 1 の部分 3 1 との間の段差の大きさ R 1 は、3 ~ 4 nm 程度である。この段差は、図 1 3 に示した工程、すなわちスライダ部分 5 0 に対して第 1 の部分 3 1 を含む面 3 1 A を形成する工程において、基板部 2 3 と絶縁部 2 4 の硬

度の違いによって生じる。本実施の形態では、この段差を利用して、磁気スペースの縮小を図っている。本実施の形態に係るスライダ20のその他の構成は、第2の実施の形態と同様である。

次に、図30を参照して、本実施の形態に係るスライダ20の作用と効果について説明する。図30は記録媒体45が回転しているときのスライダ20の状態を示す側面図である。図30に示したように、本実施の形態に係るスライダ20では、記録媒体45が回転している間、エアベアリング面30の第1の部分31および境界部分33が記録媒体45の面に接触する。この状態で、絶縁部24の記録媒体45に向く面34と記録媒体45の面との間の距離は、R1に等しく、3～4nm程度である。従って、本実施の形態によれば、磁気スペースを極めて小さくすることができる。

しかも、本実施の形態では、絶縁部24の記録媒体45に向く面34は記録媒体45の面に接触しないので、上述のように磁気スペースを極めて小さくしながら、薄膜磁気ヘッド素子22は記録媒体45の面に接触しない。従って、薄膜磁気ヘッド素子22が記録媒体45に接触することによる薄膜磁気ヘッド素子22や記録媒体45が損傷することを防止することができる。

記録媒体45が静止している間におけるスライダ20の姿勢は、図30に示した姿勢と同じであってもよいし、図27と同様に、スライダ本体21が、エアベアリング面30の境界部分33において記録媒体45の面に接触する姿勢であってもよい。

本実施の形態に係るスライダ20によれば、第1および第2の各実施の形態に係るスライダ20よりも磁気スペースを縮小することができる。従って、本実施の形態に係るスライダ20によれば、第1および第2の実施の形態よりも、再生ヘッドにおける再生出力の向上や半値幅の縮小が可能になると共に、記録ヘッドにおけるオーバーライト特性や非線形トランジションシフトの向上が可能になる。また、その結果、ハードディスク装置の歩留りをより向上させることができる。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第2の実施の形態と同様である。

[第4の実施の形態]

次に、図31ないし図33を参照して、本発明の第4の実施の形態に係るスライダについて説明する。図31は、記録媒体45が回転しているときの、本実施の形態に係るスライダ20の状態を示す側面図である。図32は本実施の形態に係るスライダの構成の一例を示す斜視図、図33は本実施の形態に係るスライダの構成の他の例を示す斜視図である。

本実施の形態に係るスライダ20は、第3の実施の形態と同様に、記録媒体45が回転している間および記録媒体45が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体21が記録媒体45の面に接触するものである。

本実施の形態に係るスライダ20では、エアベアリング面30は、記録媒体45が回転している間のスライダ本体21の姿勢を制御するため凹凸を有していない。しかし、エアベアリング面30は、境界部分33を含む領域において形成された複数の凹部35を有している。図32に示した例では、凹部35は空気流入端41まで形成されている。図33に示した例では、凹部35は境界部分33の近傍にのみ形成されている。図33に示した例では、エアベアリング面30の周縁部において、スライダ本体21のエッジを面取りしている。

本実施の形態に係るスライダ20では、エアベアリング面30に、記録媒体45が回転している間のスライダ本体21の姿勢を制御するため凹凸は形成されていない。しかし、本実施の形態に係るスライダ20は、記録媒体45が回転している間および記録媒体45が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体21が記録媒体45の面に接触しているので、上記の凹凸がなくとも、記録媒体45が回転している間のスライダ本体21の姿勢を一定に保つことができる。また、図33に示したように、エアベアリング面30の周縁部においてスライダ本体21のエッジを面取りすることにより、スライダ20と記録媒体45との衝突をより確実に防止することができる。

本実施の形態におけるその他の構成、作用および効果は、第3の実施の形態と同様である。

なお、本発明は、上記各実施の形態に限定されず、種々の変更が可能である。例えば、本発明は、誘導型電磁変換素子を有しない再生専用の薄膜磁気ヘッドや

、誘導型電磁変換素子のみを有する記録専用の薄膜磁気ヘッドや、誘導型電磁変換素子によって記録と再生を行う薄膜磁気ヘッドにも適用することができる。

以上説明したように、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダでは、スライダ本体の媒体対向面は、空気流出端に近い第1の部分と、空気流入端に近い第2の部分と、第1の部分と第2の部分との間の境界部分とを有し、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になるように、第2の部分は第1の部分に対して傾斜している。このスライダでは、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になり、スライダ本体が記録媒体の面に接触する際には、境界部分が記録媒体の面に接触する。従って、本発明によれば、薄膜磁気ヘッド用スライダと記録媒体との衝突によって記録媒体や薄膜磁気ヘッド素子が損傷することや、薄膜磁気ヘッド用スライダと記録媒体とが吸着することを防止しながら、磁気スペースを縮小することが可能になる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、第2の部分は、記録媒体が回転している間、境界部分よりも空気流入端が記録媒体から離れるように記録媒体の面に対して傾いてもよい。この場合、薄膜磁気ヘッド素子は記録媒体の面に接近する。従って、この場合には、本発明によれば、記録媒体が回転している間、薄膜磁気ヘッド素子を記録媒体の面の近くに配置しながら、第2の部分や、薄膜磁気ヘッド素子に比べて記録媒体から離すことができる。その結果、磁気スペースをより縮小しながら、薄膜磁気ヘッド用スライダと記録媒体との衝突を防止することができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体は、記録媒体が静止している間は記録媒体の面に接触し、記録媒体が回転している間は記録媒体の面から離れ、また、スライダ本体は、記録媒体の面に対して接触を開始する時に、境界部分が最初に記録媒体の面に接触してもよい。この場合には、記録媒体の面に対するスライダ本体の接触の開始を円滑に行うことができ、その結果、スライダと記録媒体との衝突によって記録媒体や薄膜磁気ヘッド素子の損傷が生じることを防止することができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体は、記録媒体が静止している間は記録媒体の面に接触し、記録媒体が回転している間は記録

媒体の面から離れ、また、スライダ本体は、記録媒体の面から離れる時に、境界部分が最後に記録媒体の面から離れてもよい。この場合には、記録媒体の面からのスライダ本体の分離を円滑に行うことができ、その結果、スライダと記録媒体との衝突によって記録媒体や薄膜磁気ヘッド素子の損傷が生じることを防止することができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、記録媒体が回転している間および記録媒体が静止している間のいずれにおいても、スライダ本体は境界部分において記録媒体の面に接触し、且つ第1の部分および第2の部分は、空気流出端および空気流入端が記録媒体から離れるように記録媒体の面に対して傾いてもよい。この場合には、スライダ本体が記録媒体の面に接触したり離れたたりすることによるスライダ本体と記録媒体との衝突の発生を防止することができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、媒体対向面は、境界部分を含む領域において形成された凹部を有してもよい。この場合には、スライダ本体と記録媒体の面との接触面積を小さくでき、その結果、スライダ本体と記録媒体の面との摩擦抵抗を小さくすることができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、スライダ本体は、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子の下地となる基板部と、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部とを含み、絶縁部の記録媒体に向く面は、基板部の記録媒体に向く面のうちの、絶縁部の記録媒体に向く面に隣接する部分よりも、記録媒体から離れた位置に配置されていてもよい。この場合には、媒体対向面の第1の部分のうち基板部に含まれる部分を記録媒体の面に接触させることにより、磁気スペースを極めて小さくすることができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダにおいて、第1の部分のうち基板部に含まれる部分の空気通過方向の長さは、基板部全体の空気通過方向の長さの50%以下であってもよい。この場合には、記録媒体の回転時に、基板部全体のうち、記録媒体の面に接近する部分の長さが、記録媒体の面から離れる部分の長さ以下になり、スライダと記録媒体との衝突をより確実に防止することができる。

また、本発明の製造方法によって製造される薄膜磁気ヘッド用スライダでは、スライダ本体の媒体対向面は、空気流出端に近い第1の部分と、空気流入端に近

い第2の部分と、第1の部分と第2の部分との間の境界部分とを有し、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になるように、第2の部分は第1の部分に対して傾斜している。このスライダでは、媒体対向面全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になり、スライダ本体が記録媒体の面に接触する際には、境界部分が記録媒体の面に接触する。従って、本発明薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法によれば、薄膜磁気ヘッド用スライダと記録媒体との衝突によって記録媒体や薄膜磁気ヘッド素子が損傷することや、薄膜磁気ヘッド用スライダと記録媒体とが吸着することを防止しながら、磁気スペースを縮小することが可能になる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ用素材を加工する工程は、媒体対向面における境界部分を含む領域に凹部を形成する工程を含んでいてもよい。この場合には、スライダ本体と記録媒体の面との接触面積を小さくでき、その結果、スライダ本体と記録媒体の面との摩擦抵抗を小さくすることができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、スライダ本体は、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子の下地となる基板部と、記録媒体に向く面を有し薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部とを含み、絶縁部の記録媒体に向く面は、基板部の記録媒体に向く面のうちの、絶縁部の記録媒体に向く面に隣接する部分よりも、記録媒体から離れた位置に配置されてもよい。この場合には、媒体対向面の第1の部分のうち基板部に含まれる部分を記録媒体の面に接触させることにより、磁気スペースを極めて小さくすることができる。

また、本発明の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法において、第1の部分のうち基板部に含まれる部分の空気通過方向の長さは、基板部全体の空気通過方向の長さの50%以下であってもよい。この場合には、記録媒体の回転時に、基板部全体のうち、記録媒体の面に接近する部分の長さが、記録媒体の面から離れる部分の長さ以下になり、スライダと記録媒体との衝突をより確実に防止することができる。

以上の説明に基づき、本発明の種々の態様や変形例を実施可能であることは明らかである。従って、以下の請求の範囲の均等の範囲において、上記の最良の形

態以外の形態でも本発明を実施することが可能である。

クレーム

1. 回転する記録媒体に対向する媒体対向面と空気流入端と空気流出端とを有するスライダ本体と、

前記スライダ本体における前記空気流出端の近傍であって前記媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子とを備えた薄膜磁気ヘッド用スライダであって、

前記媒体対向面は、前記空気流出端に近い第1の部分と、前記空気流入端に近い第2の部分と、前記第1の部分と第2の部分との間の境界部分とを有し、媒体対向面全体の形状が前記境界部分において屈曲した凸形状になるように、前記第2の部分は前記第1の部分に対して傾斜していることを特徴とする薄膜磁気ヘッド用スライダ。

2. 前記第2の部分は、前記記録媒体が回転している間、前記境界部分よりも前記空気流入端が記録媒体から離れるように記録媒体の面に対して傾くことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

3. 前記記録媒体が回転している間、前記第2の部分と記録媒体の面とのなす角度は 30° 以下であることを特徴とする請求項2記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

4. 前記スライダ本体は、前記記録媒体が静止している間は記録媒体の面に接触し、前記記録媒体が回転している間は記録媒体の面から離れることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

5. 前記スライダ本体は、前記記録媒体の面に対して接触を開始する時に、前記境界部分が最初に記録媒体の面に接触することを特徴とする請求項4記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

6. 前記スライダ本体は、前記記録媒体の面から離れる時に、前記境界部分が

最後に記録媒体の面から離れることを特徴とする請求項4記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

7. 前記媒体対向面は、前記記録媒体の回転時における前記スライダ本体の姿勢を制御するための凹凸を有することを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

8. 前記記録媒体が回転している間および前記記録媒体が静止している間のいずれにおいても、前記スライダ本体は前記境界部分において記録媒体の面に接触し、且つ前記第1の部分および第2の部分は、前記空気流出端および空気流入端が記録媒体から離れるように記録媒体の面に対して傾くことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

9. 前記第1の部分と第2の部分とのなす角度は 30° 以下であることを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

10. 前記媒体対向面は、前記境界部分を含む領域において形成された凹部を有することを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

11. 前記スライダ本体は、前記記録媒体に向く面を有し前記薄膜磁気ヘッド素子の下地となる基板部と、前記記録媒体に向く面を有し前記薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部とを含むことを特徴とする請求項1記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

12. 前記媒体対向面は、前記境界部分を含む領域において形成された凹部を有し、前記凹部は前記基板部に形成されていることを特徴とする請求項11記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

13. 前記スライダ本体は、更に、前記基板部および絶縁部の各記録媒体に向く

面を覆う保護層を含むことを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

1 4. 前記媒体対向面は、前記境界部分を含む領域において形成された凹部を有し、前記凹部は前記保護層に形成されていることを特徴とする請求項 1 3 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

1 5. 前記保護層は、アルミナまたはダイヤモンドライクカーボンよりなることを特徴とする請求項 1 3 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

1 6. 前記絶縁部の記録媒体に向く面は、前記基板部の記録媒体に向く面のうちの、前記絶縁部の記録媒体に向く面に隣接する部分よりも、記録媒体から離れた位置に配置されていることを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

1 7. 前記記録媒体が回転している間および前記記録媒体が静止している間のいずれにおいても、前記スライダ本体は記録媒体の面に接触し、且つ少なくとも記録媒体が回転している間において、前記第 1 の部分のうち前記基板部に含まれる部分は記録媒体の面に接触することを特徴とする請求項 1 6 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

1 8. 前記第 1 の部分のうち前記基板部に含まれる部分の空気通過方向の長さは、前記基板部全体の空気通過方向の長さの 5 0 % 以下であることを特徴とする請求項 1 1 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダ。

1 9. 回転する記録媒体に対向する媒体対向面と空気流入端と空気流出端とを有するスライダ本体と、前記スライダ本体における前記空気流出端の近傍であって前記媒体対向面の近傍に配置された薄膜磁気ヘッド素子とを備え、前記媒体対向面は、前記空気流出端に近い第 1 の部分と、前記空気流入端に近い第 2 の部分と

、前記第1の部分と第2の部分との間の境界部分とを有し、媒体対向面全体の形状が前記境界部分において屈曲した凸形状になるように、前記第2の部分は前記第1の部分に対して傾斜している薄膜磁気ヘッド用スライダを製造する方法であって、

前記スライダ本体となる部分と前記薄膜磁気ヘッド素子とを含むスライダ用素材を形成する工程と、

前記スライダ用素材に、前記第1の部分、前記第2の部分および前記境界部分を有する前記媒体対向面と前記空気流入端と前記空気流出端とが形成されるように、前記スライダ用素材を加工する工程とを備えたことを特徴とする薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

20. 前記スライダ用素材を加工する工程は、前記第1の部分形成のために前記スライダ用素材を研磨する工程と、前記第2の部分形成のために前記スライダ用素材を研磨する工程とを含むことを特徴とする請求項19記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

21. 前記スライダ用素材を加工する工程は、前記媒体対向面に、前記記録媒体の回転時における前記スライダ本体の姿勢を制御するための凹凸を形成する工程を含むことを特徴とする請求項19記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

22. 前記第1の部分と第2の部分とのなす角度は 30° 以下であることを特徴とする請求項19記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

23. 前記スライダ用素材を加工する工程は、前記媒体対向面における前記境界部分を含む領域に凹部を形成する工程を含むことを特徴とする請求項19記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

24. 前記スライダ本体となる部分は、前記記録媒体に向く面を有し前記薄膜磁

気ヘッド素子の下地となる基板部と、前記記録媒体に向く面を有し前記薄膜磁気ヘッド素子を囲う絶縁部とを含むことを特徴とする請求項 19 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

25. 前記スライダ用素材を加工する工程は、前記基板部をエッチングすることによって、前記媒体対向面における前記境界部分を含む領域に凹部を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 24 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

26. 前記スライダ用素材を加工する工程は、前記基板部および絶縁部の各記録媒体に向く面を覆う保護層を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 24 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

27. 前記スライダ用素材を加工する工程は、前記保護層をエッチングすることによって、前記媒体対向面における前記境界部分を含む領域に凹部を形成する工程を含むことを特徴とする請求項 26 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

28. 前記保護層は、アルミナまたはダイヤモンドライクカーボンよりなることを特徴とする請求項 26 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

29. 前記絶縁部の記録媒体に向く面は、前記基板部の記録媒体に向く面のうちの、前記絶縁部の記録媒体に向く面に隣接する部分よりも、記録媒体から離れた位置に配置されることを特徴とする請求項 24 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

30. 前記第 1 の部分のうち前記基板部に含まれる部分の空気通過方向の長さは、前記基板部全体の空気通過方向の長さの 50% 以下であることを特徴とする請求項 24 記載の薄膜磁気ヘッド用スライダの製造方法。

要約

スライダは、スライダ本体と薄膜磁気ヘッド素子を備えている。スライダ本体は、エアベアリング面と空気流入端と空気流出端を有している。エアベアリング面は、空気流出端に近い第1の部分と、空気流入端に近い第2の部分と、第1の部分と第2の部分との間の境界部分とを有している。第2の部分は、エアベアリング面の全体の形状が境界部分において屈曲した凸形状になるように、第1の部分に対して傾斜している。